

Libro de Actas del 3^{er} Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones
Eco-Eficientes

Módulo de Inversiones para la Rehabilitación Energética de Edificios de viviendas: Revisión y Aplicación al Indicador Pobreza Energética

Castañero-Rosa, Raúl^{(1,*), Solís-Guzmán, Jaime⁽²⁾, Marrero, Madelyn⁽²⁾}

(*) Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla, raucasde@alum.us.es, 639044208.

(1) Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla.

(2) Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla.

Resumen En el presente trabajo se ha elaborado un módulo de inversiones para la rehabilitación energética de edificios de viviendas, en el marco de un trabajo coordinado por el Grupo de Termotecnia y Arditec de la Universidad de Sevilla. En primer lugar, se analizaron las bases de costes existentes, tanto de soluciones de envolvente térmica como de instalaciones, así como la metodología de trabajo del procedimiento simplificado de certificación de eficiencia energética de edificios existentes CE3_Viviendas y la relación de medidas de mejora de la demanda energética que propone la herramienta, identificando el conjunto de soluciones que formarán parte del módulo. En segundo lugar, se elaboró un modelo de estructura de costes de rehabilitación energética basado en la clasificación sistemática de la Base de Costes de la Construcción de Andalucía, a partir del cual calcular los costes de las soluciones de rehabilitación energética propuestas siguiendo el procedimiento de elaboración de precios unitarios tradicionalmente utilizado en el sector. Por último, en base a los resultados obtenidos se establece una relación entre los aspectos económicos, coste de una rehabilitación energética, y sociales, calidad de vida de los inquilinos, mediante el análisis del indicador de Pobreza Energética.

Palabras clave Rehabilitación energética, Eficiencia energética, Pobreza energética, Consumo energético, Costes directos.

1 Introducción

La rehabilitación energética de edificios es un concepto relativamente nuevo que actualmente se plantea como uno de los principales pilares para el impulso del sector de la edificación, muy gravemente afectado desde hace ya unos años por este periodo de crisis.

Sin embargo, para conseguir que una actividad novedosa coja impulso es necesario garantizar todo lo posible su utilidad y rentabilidad, siendo ésta una de las bases de este trabajo.

Siguiendo esta filosofía, se ha revisado y completado un módulo de inversiones para la rehabilitación energética de edificios, en el cual se recogen los costes de ejecución de todas las posibles actuaciones de rehabilitación energética que se pueden realizar en un edificio de viviendas.

Es importante destacar que para el desarrollo de una parte de este trabajo se han utilizado como referencia dos trabajos fin de máster, realizados por dos compañeros de la Escuela, Elena Gómez Ruz (Gómez Ruz 2012) y Carlos Fé Bitaubé (Fé Bitaubé 2012). Ambos proyectos se realizaron en el marco de un trabajo coordinado por el Grupo de Termotecnia de la Universidad de Sevilla, con el objetivo principal de completar las funciones del Procedimiento Simplificado de Certificación de Eficiencia Energética de Edificios Existentes CE3_Viviendas (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía 2012).

El procedimiento CE3 está aceptado como Documento Reconocido en los términos descritos en el Artículo 4 del RD 47/2007, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, encuadrándose dentro de la opción simplificada para certificación energética de edificios.

La herramienta encargada del desarrollo del procedimiento CE3_Viviendas para edificios existentes, como novedad, contiene un “Módulo de Medidas de Mejora” a través del cual es posible aplicar diferentes soluciones para conseguir una mejora en la calificación de eficiencia energética.

Este hecho está directamente vinculado a los objetivos de la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios de garantizar la rentabilidad coste – eficiencia de las medidas propuestas en los certificados de eficiencia energética.

La transposición de esta Directiva al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 235/2013 indica en su Artículo 6 que el certificado de eficiencia energética de un edificio contendrá un documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio, dichas recomendaciones podrán incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida útil e incluso información sobre la relación coste – eficiencia de las recomendaciones formuladas en el certificado.

Con el fin de cuantificar los costes de construcción de las medidas de mejora propuestas en el Módulo de Medidas de Mejora del procedimiento CE3, se integra el presente trabajo en las aplicaciones de dicho procedimiento. Para ello se abordan las medidas de mejora propuestas tanto, para elementos de la envolvente térmica del edificio, como para los sistemas y equipos.

2 Metodología

La realización del módulo de inversiones se base en dos líneas principales: La primera, se centra en estudiar las posibles soluciones singulares de rehabilitación energética que vemos factibles incorporar al módulo, según la evaluación que el CE3 hace de ellas. Una vez obtenida la lista de soluciones singulares, en la segunda línea de actuación se procede a realizar el cálculo de los costes de construcción correspondientes a cada una de las soluciones recogidas.

2.1 Análisis teórico

2.1.1 Base de Costes de Soluciones Pasivas

Para recabar aquellos costes que van a ser útiles en este trabajo, en primer lugar, se realiza el análisis identificando en qué se han basado en el trabajo denominado “Definición de estructura de costes de construcción para rehabilitación energética de la envolvente térmica”, recoge los costes de construcción referente a las soluciones pasivas (envolvente térmica de los edificios) y “Cálculo simplificado de rehabilitación energética de las instalaciones de los edificios existentes”, recoge los costes de construcción de las soluciones activas (instalaciones de los edificios), obteniendo los costes de esas soluciones concretas.

Como en la realización de dicho trabajo la herramienta utilizada para la certificación energética es el CE3, las soluciones elegidas están basadas en función de la valoración que dicha herramienta hace de cada solución. Por ello, las soluciones aportadas son útiles para este trabajo, ya que el método para la elección de soluciones de mejora utilizado está basado a su vez en la herramienta CE3.

A partir de la estructura de costes definida en dicho trabajo, se elaborará la estructura de costes definitiva para el módulo de inversiones incorporando las soluciones no consideradas. Además, se llevará a cabo un análisis sobre la elaboración de los costes calculados de las soluciones ya existentes, de tal forma que se compruebe que están elaborados correctamente.

2.1.2 Base de Costes de Soluciones Activas

Al igual que en la base de soluciones pasivas, la herramienta utilizada para la certificación energética en la realización del trabajo de soluciones activas es el CE3. Por lo que las soluciones definidas en dicho trabajo están basadas en función de la valoración que la herramienta hace de ellas, en los términos de aportar una mejora en la eficiencia energética al edificio. Por lo que al igual que indicábamos en el caso anterior, las soluciones aportadas son útiles para este trabajo.

Aplicando el procedimiento de cálculo realizado en el trabajo fin de máster, junto con los costes aportados en el mismo de equipos de generación de Calefacción, Refrigeración y ACS, (Fé Bitaubé 2012) y los costes recogidos en la Base de Costes de la Construcción de Andalucía (BCCA 2013), obtenemos todos los costes de rehabilitación energética necesarios para incorporar al módulo de inversiones.

Por tanto, la revisión y la elaboración de nuevos costes de construcción se enfocarán en la parte de soluciones pasivas.

2.1.3 Análisis de Soluciones de Medidas de Mejoras del CE³

Una vez analizadas las bases de costes de soluciones existentes para la rehabilitación energética de edificios de viviendas, se procede a evaluar qué recomendaciones de mejoras, tanto para envolventes como para instalaciones, permite tomar la herramienta CE3. A partir de ahí, se obtienen aquellas soluciones que no han sido consideradas en las bases analizadas anteriormente y por consiguiente se elaborarán sus respectivos costes de construcción.

2.2 Análisis Práctico

2.2.1 Cálculos de costes de rehabilitación energética

Obtenida las soluciones constructivas de las que hay que elaborar su coste de ejecución, será necesario decidir qué conceptos se van a incluir en los costes y el proceso a seguir en su elaboración.

Se toma la decisión de seguir el modelo utilizado en el trabajo fin de máster “Definición de estructura de costes de construcción para rehabilitación energética de la envolvente térmica”, de manera que haya coherencia a la hora de incorporar los costes calculados en dicho trabajo (Gómez Ruz 2012), manteniendo una relación entre costes recabados y elaborados en este trabajo. Dicho modelo está, a su vez, basado en la Base de Costes de la Construcción de Andalucía (BCCA 2013) y su modelo de estructura de coste, la cual está asentada y aceptada por el sector.

2.2.1.1 Hipótesis de referencia

Tomada como referencia la filosofía del modelo, se realiza una secuencia de división, tratamiento y agregación, de manera que en el coste final se encuentren representados todos los costes generados a lo largo del proceso constructivo.

En la división de la obra en partes más simples se diferencian dos conceptos esenciales:

- Unidad de obra: Conjunto de recursos necesarios para construir una parte de la obra, clasificada en simples, complejas y funcionales según su complejidad.
- Precios unitarios: Estimación del esfuerzo económico necesario para producir una unidad de obra.

Considerando, por ejemplo, en el caso de un sistema de rehabilitación energética de fachada por el exterior, la preparación del paramento, colocación del aislamiento o ejecución del revestimiento se definen como unidades simples y la combinación de varias unidades simples se definen como unidades complejas, debido a la complejidad de la unidad de obra.

El resultado es un módulo de inversión formado por precios unitarios complejos (PUC) que recoja todas las soluciones de rehabilitación energética y que se alimenta de precios unitarios simples auxiliares (PUSA).

Para representar cada uno de los elementos se utiliza la codificación presentada en la BCCA y utilizada, a su vez, en los precios que se encuentran realizados en las bases analizadas.

Para llevar a cabo la medición y valoración de las obras de rehabilitación energética es necesario establecer una serie de hipótesis que simplifiquen en gran medida la tarea. Para ello nos basaremos en el edificio de Tipología 6.2 recogido y definido en el documento publicado por el IDAE “Escala de calificación energética para edificios existentes” (IDAE 2011). En base a las características de ese edificio pasaremos a realizar los diferentes cálculos de los Costes Directos de Ejecución.

2.2.1.2 Cálculo de Costes Directos de Ejecución (CDE)

Para la elaboración de los CDE se ha utilizado el proceso de cálculo definido en el Modelo de Presupuestación de obras del profesor Antonio Ramírez de Arellano Agudo (Ramírez de Arellano Agudo 2011). Dicho proceso es el utilizado, a su vez, en las bases de costes analizadas para el cálculo de sus costes de construcción.

A continuación, se muestra las etapas que definen el proceso de cálculo:

Etapa 1.- Módulo

E1.1.- Elección del módulo.
E1.2.- Medición del módulo.
E1.3.- Cálculo del Factor de repercusión.

Etapa 2.- Componentes

E2.1.- Relación de componentes.
E2.2.- Cálculo de pérdidas.
E2.3.- Medición de la cantidad de componentes por módulo.
E2.4.- Cálculo de la cantidad de componentes por unidad de medida.

Etapa 3.- Costes Directos de Ejecución

E3.1.- Cálculo de Importes Parciales.
E3.2.- Cálculo de Importe Total de CDE.

Fig. 1 Representación esquemática de etapas que definen el proceso de cálculo CDE (BCCA, 2103)

A partir de las diferentes etapas enumeradas en la Fig. 1 se realiza su desarrollo, el cual puede encontrarse en el TFM (Castaño-Rosa 2013) que lleva a cabo este trabajo, resultando un conjunto de CDE de soluciones pasivas y activas.

2.3 Aplicación del Módulo de Inversiones y Relación al indicador Pobreza Energética

Tras el profundo estudio y análisis realizado sobre el concepto pobreza energética se pretende hacer una primera relación entre las técnicas utilizadas para evaluar la eficiencia energética de una vivienda y la problemática social que conlleva una determinada calificación en dicha evaluación.

La idea de una posible relación entre un valor técnico (calificación energética) con un problema social (pobreza energética) surge desde:

- Concepto de pobreza energética define la incapacidad de un propietario para calentar la casa a una temperatura adecuada, de seguridad y comodidad, debido a bajos ingresos y malas condiciones de la vivienda (eficiencia energética).
- Una vivienda con una deficiente calificación energética, conlleva un aumento en el gasto energético, el empobrecimiento del propietario y en definitiva unas malas condiciones de vida.

Con ello, encontramos un punto a través el cual poder relacionar y evaluar cuál es la situación de pobreza energética de un hogar al obtener la calificación energética, de manera que al mejorar ésta (reduciendo su consumo energético) se disminuya la pobreza energética en dicho hogar.

El indicador de pobreza energética en el que se basa este trabajo se define, en un estudio publicado por el Departamento de Energía y Cambio Climático de Reino Unido (DECC), con la siguiente ecuación:

$$\text{IPE} = \frac{\text{CE} \times \text{P}}{\text{IF}} \quad (1)$$

Donde CE representa al consumo energético, P define el precio del combustible utilizado e IF identifica los ingresos familiares. En base a la definición de pobreza energética, según la cual una familia se encuentra en situación de pobreza energética si tiene que destinar más de un 10% de los ingresos familiares al gasto energético de su vivienda para mantener una temperatura adecuada de confort (18°C), el índice mínimo a partir del cual se encontrará ese hogar en pobreza energética será de 0.1.

A su vez, se establece cuatro niveles en los que se define la situación de un hogar estableciendo como hipótesis:

- Consumo energético medio mensual para calefacción y refrigeración en España del sector residencial (876.75 kwh).
- Se asume que dicho consumo es de energía eléctrica y el precio de la energía eléctrica considerado es 0.16766 €/kwh.

Así como tres niveles de ingresos económicos:

- Ingreso correspondiente a destinar el 10% de los ingresos familiares al consumo energético, siendo en este caso de 1500€.
- Plan PREPARA (400 €): refleja el mínimo ingreso que pueden tener aquellas personas que se encuentre en situación de desempleo, que habiendo agotado y no teniendo derecho a prestaciones o subsidios, presenten cargas familiares o sean parados de larga duración.
- Salario mínimo interprofesional (645.30 €): indica la cuantía retributiva mínima que percibirá un trabajador referida a la jornada legal de trabajo, sin distinción de sexo u edad, sean fijos, eventuales o temporeros.

Establecido los niveles, cabe indicar que dicha aportación se basa en datos teóricos recabados de la profunda investigación llevada a cabo en este trabajo, por lo que es necesario una revisión de las hipótesis consideradas, como por ejemplo cómo se ve afectado el consumo energético en función de los ingresos familiares, o la influencia del tipo de combustible empleado en el precio del mismo.

2.3.1 Caso Práctico

Se realiza el estudio de varios edificios, relacionando el análisis de la eficiencia energética de cada vivienda con la pobreza energética que pueda disponer los propietarios de ésta. Para este caso, se ha optado por representar una vivienda unifamiliar.

El análisis consiste en realizar una evaluación previa de la vivienda, obteniendo calificación energética y situación de pobreza energética según la escala establecida, para compararla con una hipotética actuación de rehabilitación energética.

A continuación, se adjuntan los datos de la evaluación en el estado inicial de la vivienda.

	Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	CALIFICACION ENERGÉTICA
Demanda de Energía (kWh/m ²)	120.76	38.32	16.98	E
Consumo de energía final (kWh/m ²)	125.16	30.06	21.74	
Consumo de energía primaria (kWh/m ²)	263.16	78.45	21.96	
Emisiones de CO ₂ (kg CO ₂ /m ²)	63.56	19.51	4.43	
Rendimiento Medio	0.96	1.27	0.78	
Contribución de Energías Renovables	0.00	0.00	0.00	

Fig. 2 Resultados de la evaluación energética de la vivienda en la herramienta CE³

CUANTIFICADOR DE LA POBREZA ENERGÉTICA		
CONSUMO ENERGÉTICO (kwh)	PRECIO (€/kwh)	INGRESOS (€)
1.565,14	0,16766	1.100,00
ÍNDICE DE POBREZA ENERGÉTICA (IPE)	3	
0,24		

Fig. 3 Resultados del nivel de pobreza energética tras la aplicación del indicador

A continuación, se indican las medidas de rehabilitación energética llevadas a cabo para mejorar la calificación energética de dicha vivienda. Destacar que las soluciones elegidas para la actuación de rehabilitación pertenecen al módulo de inversiones elaborado en el proyecto.

Tabla 1 Conjunto de medidas perteneciente al módulo de inversiones

Código	Medidas adoptadas	Cantidad	Precio	Im- porte
09TPW00132	m ² Rehabilitación energética de fachada por el exterior con poliuretano proyectado	87,4	62.	5484.
	50mm para revestir directamente con aplacado de ladrillo	72	70	49
09TSW00010	m ² Rehabilitación energética de los con poliestireno expandido 50 mm bajo solería de baldosa cerámica	121	45. 21	5470. 41
09TTW90281	m ² Rehabilitación energética por el interior de cubierta plana/inclinada con poliuretano en plancha 60 mm y revestimiento con yeso in situ	121	33. 96	4109. 16

	CDE	15,06
		4.06
	13% CIE	1,958.
		33
	Total	17,02 2.39

Al aplicar las medidas indicadas se procede a la evaluación de la vivienda para realizar una comparativa de las mejoras obtenidas, las cuales se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 2 Resultados comparativos tras aplicación de medidas de mejora

	S. Actual	S. Final
Calificación energética	E – 2.84	D – 1.25
Consumo Energético (kwh/m ²)	176.96	73.01
Emisiones CO ₂ (kg CO ₂ /m ²)	87.50	57.48
Índice de Pobreza Energética	3	1
% Ahorro Consumo Energético	58.74	
% Reducción Emisiones CO ₂	34.31	

3 Conclusiones

El desarrollo de este trabajo ha permitido la creación de todos los costes de construcción necesarios para su integración en el “Módulo de Inversión”, dejando dicho módulo finalizado y listo para su aplicación en la herramienta.

Además, ha motivado el estudio del concepto Pobreza Energética y su situación en España, a partir del cual aparece la iniciativa de identificación y cuantificación de aquellas viviendas que se encuentran en dicha situación.

A parte de lo anterior, las principales conclusiones que se pueden extraer de este trabajo son las siguientes:

- Se han elaborado precios unitarios complejos y precios unitarios simples siguiendo la estructura de costes desarrollada en el trabajo fin de máster de Elena Gómez Ruz, la cual se realizó para la elaboración del módulo que estudia este trabajo.
- No se ha estimado el porcentaje de CIE, debido a la distorsión que presenta respecto a los costes de construcción para obra nueva, por lo que los importes totales calculados para los costes de rehabilitación energética se refieren al total de Costes Directos de Ejecución (CDE).

- El módulo elaborado por este trabajo hace posible realizar la evaluación económica de la actuación necesaria para mejorar la calificación energética de la edificación en un nivel, como se indica en el RD 235/2013.
- Referente a la aplicación del concepto Pobreza Energética a este trabajo, indicar la elaboración de una tabla de cálculo que, con una escala de niveles definida, permite cuantificar e identificar la situación de una vivienda en función del nivel en el que se encuentre.
- A partir de la cuantificación de la Pobreza Energética y la relación establecida para el módulo de inversiones realizado, es posible evaluar económicamente una actuación de rehabilitación y a su vez evaluar el beneficio social que conlleva dicha actuación.

4 Citas y Referencias

Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2011. 76 p. Disponible en Web: <<http://www.idae.es/>>.

Base de Costes de la Construcción de Andalucía. Septiembre 2013. Banco de Precios. Disponible en Web: <http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/>.

Castaño-Rosa, Raúl. ". Módulo de Inversiones para la Rehabilitación Energética de Edificios de viviendas: Revisión y Aplicación al Indicador Pobreza Energética. [Trabajo fin de máster] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla, 3013.

Department of Energy and Climate Change, web:<https://www.gov.uk/government/organisations/department-of-energy-climate-change>.

Escala de calificación energética para edificios existentes. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2011. 148 p. Disponible en Web: <http://www.idae.es/>.

España. Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, Boletín Oficial del Estado, 31 de enero de 2007, núm. 27, p.4499.

España. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, Boletín Oficial del Estado, 13 de abril de 2013, núm. 89, sección I, p. 27548.

España. Constitución Española, de 29 de diciembre de 1978, Boletín Oficial del Estado, 27 de septiembre de 2011, núm. 311, p. 31229.

España. BOE-A-2013-3401 en base al Real Decreto 314/2006, de 25 de marzo, Boletín Oficial del Estado, 29 de marzo de 2013, núm. 76, p. 24487.

España. BOE-A-2013-1653 en base al Real Decreto 1/2013, de 25 de enero, Boletín Oficial del Estado, 15 de febrero de 2013, núm. 40, Sec. III. p. 13220.

España. BOE-A-2012-15766 en base al Real Decreto 1717/2012, de 28 de diciembre, Boletín Oficial del Estado, 31 de diciembre de 2012, núm. 314, Sec. I. p. 89567.

Libro de Actas del 3^{er} Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones
Eco-Eficientes

Fé Bitaubé, Carlos. "Cálculo simplificado de rehabilitación energética de las instalaciones de los edificios existentes". [Trabajo fin de máster] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla, 2012.

Gómez Ruz, Elena. "Definición de estructura de costes de construcción para rehabilitación energética de la envolvente térmica". [Trabajo fin de máster] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla, 2012.

Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, CE3 [en línea]. Ver. 1.00.1574. Madrid: 2012. Programa informático. Disponible en la web: <http://www.idae.es/>.

Ramírez de Arellano Agudo, Antonio. Presupuestación de Obras. 4^a ed. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, 2010. 480 p. ISBN: 9788447212057.

Unión Europea. Directiva 2012/27/UE, de 25 de octubre de 2012, del Parlamento Europeo y del Consejo, Diario Oficial de la Unión Europea, 14 de noviembre de 2012, núm. L 315, p. 13.